

平成 21 年度 入学 試験 問題 (前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 出題数は物理、化学、生物おのおの 4 題、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

物 理 (前 期)

(その1)

I 水平面と半径 r (m) の $1/4$ 円筒面がなめらかにつながった状態の断面を図1に示す。図中の直線 AB, 円弧 BC はそれぞれ水平面と円筒面の断面であり, 運動はすべてこの断面内で起こるものとする。点 A には壁があり, ばね定数 k (N/m) のばねの左端が固定されている。ばねの右端は質量 $3m$ (kg) の物体 P に接合されている。この状態でばねが自然長になっているときの板 P の右端の位置を O とする。いま, 図2のように P を点 A の方向に距離 d (m) (OB 間の距離より十分に小さい) だけ動かして手でおさえ, P に接するように質量 m (kg) の小物体 Q を置いた。摩擦や Q の大きさは考えないものとし, 重力加速度を g (m/s^2) として, 以下の文の() に当てはまる式を m, g, r, k, d から適当なものを使って答えよ。ただし, 符号が関係する場合は, 位置や速度および力に関しては右方向を正, 高さに関しては AB の高さを 0, 上方向を正とする。

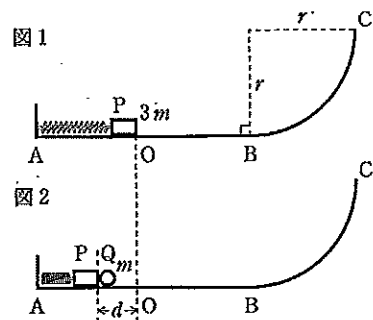


図2の状態では, ばねが壁に及ぼす力は(①)(N)である。この状態から, Pをおさえていた手を離すと, PはQを押しながらBの方向に動き出し, やがてQはPを離れて等速直線運動を始める。PとQが離れるのはOからの距離が(②)(m)の位置であり, このときの速度はP, Q共に(③)(m/s)である。その後Pは周期(④)(s), 振幅(⑤)(m)の単振動をはじめ。一方, Pと離れたあとのQは, やがて円弧を登る。QがCよりも下で折り返すには, Bを通過する前のQの速度は(⑥)(m/s)より小さくなければならないので, d は(⑦)(m)より小さくなければならない。折り返したQはBを通過した後, 単振動しているPと衝突する。ばねが伸びきった瞬間にこの衝突が起こる場合, 衝突が弾性衝突であるとすると, 衝突後のPの運動は, 周期(⑧)(s), 振幅(⑨)(m)の単振動となり, 衝突後のQは円弧を高さ(⑩)(m)まで上る。

II 地球Eから L (m)離れた位置にある惑星Pの周りの円軌道を周回している人工衛星Sから, 波長 λ_0 (m)の光が地球に送られている(図1)。その光を地球上で測定すると, 波長 λ (m)は時間とともに変化した。 $X = (\lambda - \lambda_0)/\lambda_0$ と置くと, X は図2のような周期的な変化を示した。 X の極大値は X_0 で極小値は $-X_0$, 周期は T (s)であった。光速を c (m/s)として以下の間に答えよ。なお, 人工衛星の円軌道と, 地球と惑星を結ぶ直線は, 同一平面上にあるとする。また, 光の波長を測定している間は, 地球と惑星の位置は変化せず, 人工衛星だけが動いているとし, 地球の自転も考えないものとする。

- (1) 人工衛星の速さはいくらか。また, 円軌道の半径はいくらか。
- (2) 人工衛星が惑星の裏側にきたときには, 惑星に隠れて光が地球に届かない。図2の波長の変化を示す曲線が $X = 0$ になる時点をAおよびC, X が極大になる時点をB, 極小になる時点をDとして, 光が観測されないのはどの時点の近傍か, 記号で答えよ。また, そのように判断した理由を簡潔に述べよ。
- (3) AからB, BからC, CからD, Dから次のAまでの時間をそれぞれ T_1 (s), T_2 (s), T_3 (s), T_4 (s)とする。光速 c が有限であるため, $T_1 + T_2$ と $T_3 + T_4$ は異なるが, その差はいくらか。
- (4) T_1, T_2, T_3, T_4 の中で, 最大のものはどれか。また, 最小のものはどれか。
- (5) X の変動曲線から L を求めたい。 $T_1 + T_4$ と $T_2 + T_3$ の差は d (s)であった。 L はいくらか。なお, L は人工衛星の円軌道の半径と比べて十分大きいとする。また θ の絶対値が十分小さい場合には, $\sin \theta = \theta$ と近似できることを使ってよい。

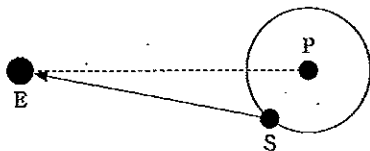


図1

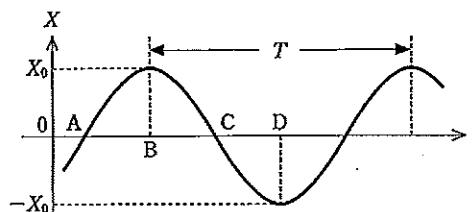
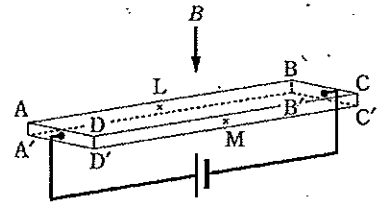


図2

物 理 (前 期)

(その2)

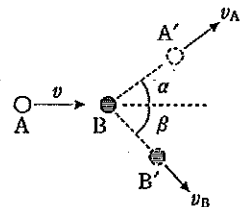
Ⅲ 図のように、一様な直方体の導体板 ABCDA'B'C'D' がある。辺 AB、辺 AD および辺 AA' の長さはそれぞれ l (m)、 w (m)、 d (m) である。面 ABB'A' 及び面 DCC'D' の中心をそれぞれ L、M で表す。面 ADD'A' を起電力 E (V) の電池の正極、面 BCC'B' を負極に接続すると、導体には、電流 I (A) が流れた。電流のキャリア 1 個の電荷を q (C)、導体内のキャリアの密度を N (m^{-3}) で表す。



- (1) 導体に外から磁界をかけていないとき、この導体の中のキャリアは、全体として面 ABB'A' と面 ABCD に対して平行な直線運動をしている。キャリアの速さ v_0 (m/s) を $\{d, w, l, E, I, q, N\}$ の中から適当と思われる記号を使って表せ。
- (2) 上のように導体に電流を流したまま、磁束密度 B (T) の一様な磁界をかけた。磁界は、面 ABCD に垂直で、面 ABCD から面 A'B'C'D' の方に向いている。このとき、導体内を運動しているキャリアには磁界による力が働き、キャリアは面 ABB'A' あるいは面 DCC'D' の方に引き寄せられる。それによって、導体内には、面 ABB'A' に垂直な方向の電荷分布に偏りが生じ、面 ABB'A' に垂直な電界が出来る。この電界がキャリアに及ぼす力 \vec{F}_E (N) は、やがて、磁界がキャリアに及ぼす力 \vec{F}_B (N) と釣り合うようになり、キャリアは面 ABB'A' に平行な直線運動をするようになる。こうしてできた電荷分布の偏りは、点 L と点 M の間に電位差 V (V) を生じる。このときの、キャリアの速さ v_B (m/s) は、導体内のどの場所をとっても、導体に外から磁界がかかっていないときと同じである(すなわち $v_B = v_0$) と考えてよいものとしよう。
 - (a) 磁界をかけ始めたとき、キャリアは(イ、面 ABB'A' の方に引き寄せられる、ロ、面 DCC'D' の方に引き寄せられる)。 $q > 0$ の場合と $q < 0$ のそれぞれの場合について、() の中の正しい方の記号を答えよ。
 - (b) 力 \vec{F}_E と力 \vec{F}_B とが釣り合うようになったのち、
 - (i) \vec{F}_B の大きさを $\{d, w, l, I, q, N, B\}$ の中から適当と思われる記号を使って表せ。
 - (ii) \vec{F}_E の大きさを $\{d, w, l, I, q, N, B\}$ の中の適当と思われる記号と V とを使って表せ。
 - (iii) N を $\{d, w, l, I, q, B\}$ の中の適当と思われる記号と V とを使って表せ。
 - (iv) 点 L と点 M の電位はどちらが高いか。 $q > 0$ と $q < 0$ のそれぞれの場合について記せ。

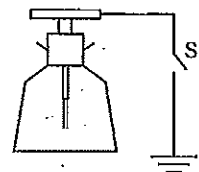
Ⅳ 以下の問に答えよ。

- (1) 速さ v (m/s)、質量 m (kg) の小球 A が、静止している同じ質量の小球 B に弾性衝突した。衝突後、小球 A は静止することなく速さ v_A (m/s) で衝突前の方向に対して角度 α (rad) の方向に飛び去り(A'), 小球 B は速さ v_B (m/s) で角度 β (rad) の方向に飛び去った(B')。 v_A, v_B, β を m, v, α のうち必要な記号を用いて表せ。
- (2) トンネルに向かって電車が速さ 108 km/h で走っている。警笛を鳴らしたら 3 秒後にトンネルの入り口で反射したこだまが聞こえた。風は進行方向に向かって 10 m/s で吹いている。こだまが返ってきたときの電車とトンネルの間の距離はいくらか。このときの空気中の音速を 340 m/s とし、小数点以下 1 桁まで求めよ。



- (3) 1 気圧の空気中に長さ L (m) の両開きの気柱管が用意されている。
 - ① この管内にできる音の基本振動数はいくらになるか。ただし、音速は v (m/s) とし、開口端補正は無視できるものとする。
 - ② 気温が上がるとこの基本振動数は大きくなるか、小さくなるか、それとも変わらないか答えよ。このとき、気柱管の長さは変わらないものとする。
- (4) 長さ 30.0 cm、断面積 $4.0 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ の導線に 1.5 mV の電圧をかけると 0.50 A の電流が流れた。導線の抵抗率を求めよ。

(5) 右の図のように、はく検電器の頭部金属板が、スイッチ S をもつ導線で接地できるようになっている。はじめ検電器は帯電していないので、金属はくは閉じている。次の文の()の中の正しいものの記号を解答欄に記せ。



スイッチ S を開いたまま、負に帯電している帯電体を検電器の頭部金属板に接触させることなく近づけると、金属はくが開いた。このときスイッチ S を閉じると、金属はくは(① a. 閉じた, b. 開いたままであった)。このあと、スイッチ S を開いてから帯電体を遠ざけると、金属はくは(② a. 閉じた, b. 開いた)状態になる。このときの検電器は(③ a. 正に帯電している, b. 負に帯電している, c. 帯電していない)。